

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen:  
㉔ Anmeldetag:  
㉕ Offenlegungstag:

P 31 36 273.7  
12. 9. 81  
24. 3. 83

㉖ Anmelder:  
Philips Patentverwaltung GmbH, 2000 Hamburg, DE

㉗ Erfinder:  
Eckerlin, Peter, Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., 5100 Aachen, DE

DE 3136273 A1

Behördenzertifikat

㉘ »Verfahren und Vorrichtung zur Nutzbarmachung von außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten anfallender elektrischer Energie«

Die außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten anfallende elektrische Energie wird zum kombinierten und kontinuierlichen Erzeugen von Kälte und Wärme verwendet, wobei Wasser, Ammoniak und die wäßrige Lösung des Ammoniaks als Arbeitsmedien verwendet werden und wobei außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten die an eine Kühltaste abgeführte Kälte dadurch erzeugt wird, daß das Ammoniak aus der Lösung bei niedrigem Druck herausgedampft wird, der Ammoniakdampf entwässert und mit Hilfe elektrisch betriebener Kompressoren (Ka, Kb) verflüssigt wird, die hierbei erzeugte Wärme teils zur Abtreibung des Restgehalts des Ammoniaks aus der verarmten Lösung benutzt, teils als Abwärme abgeführt oder aber an Brauchwasser abgegeben und somit weiterverwendet wird und das Wasser und das flüssige Ammoniak für die Spitzenverbrauchszeit gespeichert werden, während derer der Kühltaste die Wärme durch Verdampfung des Ammoniaks bei 1 bis 2 bar entzogen wird, der Ammoniakdampf mit Wasser zusammengebracht wird, in dem er sich auflöst, die hierbei freigesetzte Wärme heißem Brauchwasser zugeführt wird und die resultierende wäßrige Lösung bis zur Aufarbeitung außerhalb der Spitzenverbrauchszeit gespeichert wird. (31 36 273)

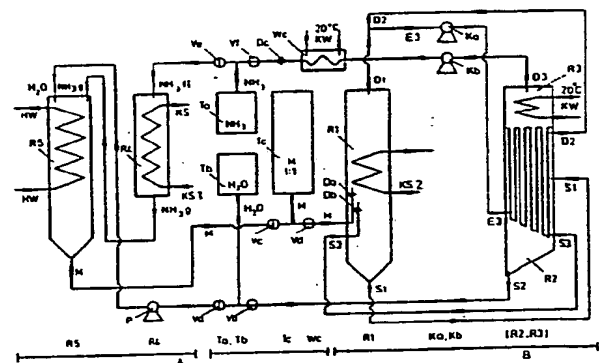


Fig.1

DE 3136273 A1

PATENTANSPRÜCHE:

1.

Verfahren zur Nutzbarmachung von außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten anfallender elektrischer Energie, dadurch gekennzeichnet, daß diese elektrische Energie zum kombinierten und kontinuierlichen Erzeugen von Kälte und Wärme verwendet wird, wobei Wasser, Ammoniak und die wäßrige Lösung des Ammoniaks als Arbeitsmedien verwendet werden und wobei außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten die an eine Kühlsole abgeführte Kälte dadurch erzeugt wird, daß das Ammoniak aus der Lösung bei niedrigem Druck herausgedampft wird, der Ammoniakdampf entwässert und mit Hilfe elektrisch betriebener Kompressoren verflüssigt und die hierbei erzeugte Wärme teils zur Abtreibung des Restgehalts des Ammoniaks aus der verarmten Lösung benutzt, teils als Abwärme abgeführt oder aber an Brauchwasser abgegeben und somit weiterverwendet wird, und das Wasser und das flüssige Ammoniak für die Spitzenverbrauchszeit gespeichert werden, während derer der Kühlsole die Wärme durch Verdampfung des Ammoniaks bei 1 bis 2 bar entzogen wird, der Ammoniakdampf mit Wasser zusammengebracht wird, in dem er sich auflöst, die hierbei freigesetzte Wärme aufzuwärmendem Brauchwasser zugeführt wird und die resultierende wäßrige Lösung bis zur Aufarbeitung außerhalb der Spitzenverbrauchszeit gespeichert wird.

2.

Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

a) Ein Vorratsbehälter (Ta) für flüssiges Ammoniak,

2  
36  
12.09.81PHD 81-100  
3136273

- ein Vorratsbehälter (Tb) für Wasser und ein Vorratsbehälter (Tc) für wäßrige Ammoniaklösung stehen über absperrbare Rohrleitungen einerseits mit einem Vorrichtungsteil (A) für Spitzenverbrauchszeiten und andererseits mit einem Vorrichtungsteil (B) für den Betrieb außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten in Verbindung,
- b) der Vorrichtungsteil (A) für Spitzenverbrauchszeiten weist einen ersten Ammoniak-Verdampfer (R4) zur Kälteerzeugung und einen Reaktor (R5) zur Wärme-gewinnung auf,
- c) der Vorrichtungsteil (B) für den Betrieb außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten weist einen zweiten Ammoniak-Verdampfer (R1), eine erste Rektifizierkolonne (R2) zum Trennen von Wasser mit wenig Ammoniak in reines Wasser und wasserhaltiges Ammoniakgas und eine zweite Rektifizierkolonne (R3) zum Erzeugen von reinem Ammoniakgas auf,
- d) der erste Ammoniak-Verdampfer (R4) enthält einen Wärmeaustauscher (KS1) für Kühlsole und ist über eine Zuleitung ( $\text{NH}_3\text{fl}$ ) mit einem Ventil (Ve) mit dem Speicherbehälter (Ta) für flüssiges Ammoniak und über eine Ableitung ( $\text{NH}_3\text{g}$ ) mit dem Reaktor (R5) zur Wärme-gewinnung verbunden,
- e) der Reaktor (R5) zur Wärme-gewinnung enthält einen Wärmeaustauscher (HW) für Heißwasser und ist am Kopf über eine Zuleitung ( $\text{H}_2\text{O}$ ) mit einer Pumpe (P) und einem Ventil (Va) mit dem Vorratsbehälter (Tb) für Wasser und am Boden über eine Ableitung (M) mit einem Ventil (Vc) mit dem Vorratsbehälter (Tc) für wäßrige Ammoniaklösung verbunden,

- f) der zweite Ammoniak-Verdampfer (R1) enthält einen Wärmeaustauscher (KS2) für Kühlsole und ist in der Mitte über eine Zuleitung (M) mit einem Drosselventil (Da) und einem Ventil (Vd) mit dem Vorratsbehälter (Tc) für wäßrige Ammoniaklösung und über eine Zuleitung (S3) für stark ammoniakhaltiges Wasser mit der zweiten Rektifizierkolonne (R3), am Boden über eine Ableitung (S1) für Wasser mit wenig Ammoniak mit der ersten Rektifizierkolonne (R2) und am Kopf über eine Ableitung (D1) für reines Ammoniakgas mit einem Vorkompressor (Ka) verbunden,
- g) die erste Rektifizierkolonne (R2) steht in wärmeaustauschender Verbindung mit der zweiten Rektifizierkolonne (R3) und ist in der Mitte über eine Zuleitung (S1) für Wasser mit wenig Ammoniak mit dem zweiten Ammoniak-Verdampfer (R1), über eine Ableitung (D2) für wasserhaltiges Ammoniakgas mit dem Vorkompressor (Ka) und am Boden über eine Ableitung (S2) für praktisch reines Wasser mit einem Ventil (Vb) mit dem Vorratsbehälter (Tb) verbunden,
- h) die zweite Rektifizierkolonne (R3) enthält im Kopf einen Wärmeaustauscher (KW) für Kühlwasser und ist in der unteren Hälfte über eine vom Vorkompressor (Ka) kommende Zuleitung (E3) für komprimiertes Ammoniakgas sowohl mit dem zweiten Ammoniak-Verdampfer (R1) als auch mit der ersten Rektifizierkolonne (R2) verbunden, sowie am Boden mit der unter f) genannten Zuleitung für stark ammoniakhaltiges Wasser,
- i) von der zweiten Rektifizierkolonne (R3) führt eine Ableitung (D3) für reines Ammoniakgas zu einem Kompressor (Kb), der über einen Wärmeaustauscher (Wc), ein Drosselventil (Dc) und ein Ventil (Vf) mit dem

Vorratsbehälter (Ta) für flüssiges Ammoniak verbunden ist,

- 5 j) von der zweiten Rektifizierkolonne (R3) führt eine Ableitung (S3) für stark ammoniakhaltiges Wasser mit Drosselventil (Dd) zum zweiten Ammoniak-Verdampfer (R1).

3. Vorrichtung nach Anspruch 2,  
10 dadurch gekennzeichnet, daß im Vorrichtungsteil (A) für die Spitzenverbrauchszeit

- d) die Ableitung ( $\text{NH}_3\text{g}$ ), über die der erste Ammoniak-Verdampfer (R4) mit dem Reaktor (R5) zur Wärmegewinnung verbunden ist, vom ersten Ammoniak-Verdampfer (R4) aus in einen Wärmeaustauscher mündet,  
15 die im Reaktor (R5) zur Wärmegewinnung im Bereich der Austrittsöffnung der Ableitung (M) für wäßrige Ammoniaklösung angeordnet ist, und von diesem Wärmeaustauscher weiter in den Reaktor (R5) zur  
20 Wärmegewinnung führt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1 und 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß im Vorrichtungsteil (A) für die Spitzenverbrauchszeit

- 25 e) die Zuleitung ( $\text{H}_2\text{O}$ ), über die der Reaktor (R5) zur Wärmegewinnung mit dem Vorratsbehälter (Tb) für Wasser verbunden ist, vom Vorratsbehälter (Tb) für Wasser aus in einen Wärmeaustauscher mündet, der im Reaktor (R5) zur Wärmegewinnung im Bereich der Austrittsöffnung der Ableitung (M) für wäßrige Ammoniak-  
30 lösung angeordnet ist, und von diesem Wärmeaustauscher aus weiter in den Reaktor (R5) zur Wärmegewinnung führt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 2 bis 4,  
dadurch gekennzeichnet, daß im Vorrichtungsteil (B)  
für den Betrieb außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten  
h) in die vom Vorkompressor (Ka) kommende Zuleitung (E3)  
5 für komprimiertes Ammoniakgas ein zweiter Wärme-  
austauscher (Wa) eingefügt ist,
- 1) in die vom Kompressor (Kb) kommende Ableitung (D3)  
für reines Ammoniakgas vor dem ersten Wärmeaustauscher  
10 (Wc) ein dritter Wärmeaustauscher (Wb) zur Nutzung  
der Kondensationswärme des Ammoniaks eingefügt ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Ableitung (D3) für reines  
15 Ammoniakgas vom dritten Wärmeaustauscher (Wb) in einen  
weiteren Wärmeaustauscher mündet, der in der ersten  
Rektifizierkolonne (R2) im Bereich der Austrittsöffnung  
der Ableitung (S2) für praktisch reines Wasser ange-  
ordnet ist, und von diesem Wärmeaustauscher aus weiter  
20 zum ersten Wärmeaustauscher (Wc) führt.
7. Vorrichtung nach Anspruch 2 bis 6,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Zuleitung (M) für wäßrige  
Ammoniaklösung in einen Wärmeaustauscher mündet, der  
25 im zweiten Ammoniak-Verdampfer (R1) angeordnet ist, und  
von diesem Wärmeaustauscher aus in den zweiten Ammoniak-  
Verdampfer (R1) führt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 2 bis 7,  
30 dadurch gekennzeichnet, daß die von der zweiten Rekti-  
fizierkolonne (R3) kommende Zuleitung (S3) für stark  
ammoniakhaltiges Wasser in einen Wärmeaustauscher mündet,  
der im zweiten Ammoniak-Verdampfer (R1) angeordnet ist,  
und von diesem Wärmeaustauscher aus in den zweiten  
35 Ammoniak-Verdampfer (R1) führt.

9. Vorrichtung nach Anspruch 2 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet, daß

- g) in die von der ersten Rektifizierkolonne (R2) kommende  
Ableitung (S2) für praktisch reines Wasser ein Wärme-  
austauscher eingefügt ist, der im zweiten Ammoniak-  
Verdampfer (R1) angeordnet ist.

10. Abänderung der Vorrichtung nach  
Anspruch 3 bis 9,

- dadurch gekennzeichnet, daß die erste und die zweite  
Rektifizierkolonne (R2, R3) und der zweite Wärmeaus-  
tauscher (Wa) entfallen, daß der zweite Ammoniak-Ver-  
dampfer (R1) fünf Zonen (B1, B2, B3, B4, B5) aufweist,  
wobei in der ersten Zone (B1) eine Eintrittsöffnung  
für die wäßrige Ammoniaklösung aus dem entsprechenden  
Vorratsgefäß (Tc) mit einem Drosselventil (Da) sowie  
ein Wärmeaustauscher (KS2) zur Kühlung von Kühlsole, in  
der zweiten Zone (B2) der Wärmeaustauscher nach An-  
spruch 7 zur Vorkühlung der wäßrigen Ammoniaklösung,  
in der dritten Zone (B3) ein Wärmeaustauscher (KA)  
zur Kühlung einer weiteren Kühlsole, in der vierten  
Zone (B4) ein Wärmeaustauscher zur Rückkühlung des aus  
dem zweiten Ammoniak-Verdampfer (R1) über die Ableitung  
(S1) für Wasser austretenden Wassers und in der fünften  
Zone (B5) ein an eine vom Vorkompressor (Ka) kommende  
Zuleitung und eine zum Kompressor (Kb) führende Ableitung  
angeschlossener Wärmeaustauscher (D1) angeordnet sind,  
und daß dem Kompressor (Kb) gegebenenfalls der dritte  
Wärmeaustauscher (Wb) zur Nutzung der Kondensationswärme  
des Ammoniaks zugeordnet ist.

"Verfahren und Vorrichtung zur Nutzbarmachung von  
außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten anfallender elek-  
trischer Energie"

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Nutzbarmachung  
von außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten anfallender  
elektrischer Energie und eine Vorrichtung zur Durch-  
führung des Verfahrens.

5

Außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten steht elektrische  
Energie bekanntlich wegen geringer Nachfrage im Über-  
schuß zur Verfügung. Diese elektrische Energie wird  
bisher in Nachtspeicheröfen und in Pumpspeicherwerken  
10 nutzbar gemacht. Nachtspeicheröfen haben den Nachteil,  
daß sie eine aufwendige Wärmeisolierung benötigen. Pump-  
speicherwerke haben den Nachteil, daß sie sehr große  
Grundstücksflächen benötigen und daß sie nur dort gebaut  
werden können, wo Grundstücke mit genügend großen Höhen-  
15 unterschieden zur Verfügung stehen.

Aus der DE-OS 26 29 441 ist die Nutzbarmachung der Ab-  
wärme bzw. Restwärme von Kraftwerken unter Verwendung  
von Wasser, Ammoniak und der wäßrigen Lösung des  
20 Ammoniaks als Arbeitsmedien bekannt. Dabei wird in Wasser  
gelöstes Ammoniak durch die Abwärme aus dem Wasser ausge-  
trieben, gekühlt und verflüssigt, das flüssige Ammoniak  
auf einen höheren Druck gepumpt, durch erneute Wärme-  
zufuhr verdampft und wieder mit dem Wasser vermischt,  
25 wonach die Lösung mit einem Wärmeträger, dessen Tempe-  
ratur erhöht wird, in Wärmeaustausch gebracht wird. Außer-  
dem besteht die Möglichkeit, die Wärme am Kraftwerk  
chemisch zu speichern und bei Bedarf wieder freizusetzen.  
Hierzu wird das ausgetriebene Ammoniak nach seiner Ver-  
30 flüssigung gespeichert und bei Bedarf wieder mit dem

8

12.09.81

PHD 81-100

3136273

Wasser vermischt, wobei das verflüssigte Ammoniak durch einen Teil der bei der Vermischung freigesetzten Reaktionswärme verdampft wird.

- 5 Aufgabe der Erfindung ist demgegenüber nicht die Nutzbarmachung der Abwärme von Kraftwerken, sondern die Nutzbarmachung von außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten anfallender elektrischer Energie.
- 10 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß diese elektrische Energie zum kombinierten und kontinuierlichen Erzeugen von Kälte und Wärme verwendet wird, wobei Wasser, Ammoniak und die wäßrige Lösung des Ammoniaks als Arbeitsmedien verwendet werden und wobei
- 15 außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten die an eine Kühlsole abgeführte Kälte dadurch erzeugt wird, daß das Ammoniak aus der Lösung bei niedrigem Druck herausgedampft wird, der Ammoniakdampf entwässert und mit Hilfe elektrisch betriebener Kompressoren verflüssigt wird,
- 20 die hierbei erzeugte Wärme teils zur Abtreibung des Restgehalts des Ammoniaks aus der verarmten Lösung benutzt, teils als Abwärme abgeführt oder aber an Brauchwasser abgegeben und somit weiterverwendet wird und das Wasser und das flüssige Ammoniak für die Spitzenverbrauchszeit
- 25 gespeichert werden, während derer die Wärme durch Verdampfung des Ammoniaks bei 1 bis 2 bar entzogen wird, der Ammoniakdampf mit Wasser zusammengebracht wird, in dem er sich auflöst, die hierbei freigesetzte Wärme aufzuwärmendem Brauchwasser zugeführt wird und die resultierende
- 30 wäßrige Lösung bis zur Aufarbeitung außerhalb der Spitzenverbrauchszeit gespeichert wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt also in solchen Tages- oder Wochenzeiten, in denen elektrische Energie

35 wegen geringer Nachfrage im Überschuß zur Verfügung steht,

9  
5

12.09.81

PHD 81-100  
3136273

elektrischen Strom zum Antrieb von Kompressoren, um chemische Energie mittels elektrischer Energie aus der abzuführenden Wärme einer Kühlanlage zu speichern, so daß diese in den Spitzenverbrauchszeiten, in denen elektrische Energie knapp ist, zur Kühlung von Kühlanlagen, oder Gebäudekomplexen und gleichzeitig zur Bereitstellung von heißem Brauchwasser dienen kann. Dabei ist das Verfahren so angelegt, daß auch durch den Vorgang der Speicherung selbst Kühl- und Heißwasseranlagen versorgt werden können. Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt dabei den Unterschied der chemischen Potentiale aus, die zwischen den reinen Komponenten Wasser und Ammoniak einerseits und deren Lösung ineinander andererseits besteht.

15 Eine Vorrichtung, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens besonders geeignet ist, weist folgende Merkmale auf:

a) Ein Vorratsbehälter für flüssiges Ammoniak, ein Vorratsbehälter für Wasser und ein Vorratsbehälter für wäßrige Ammoniaklösung stehen über absperrbare Rohrleitungen einerseits mit einem Vorrichtungsteil für Spitzenverbrauchszeiten und andererseits mit einem Vorrichtungsteil für den Betrieb außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten in Verbindung,

b) der Vorrichtungsteil für Spitzenverbrauchszeiten weist einen ersten Ammoniak-Verdampfer zur Kälteerzeugung und einen Reaktor zur Wärmegewinnung auf,

c) der Vorrichtungsteil für den Betrieb außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten weist einen zweiten Ammoniak-Verdampfer, eine erste Rektifizierkolonne zum Trennen von Wasser mit wenig Ammoniak in reines Wasser und wasserhaltiges Ammoniakgas und eine zweite Rektifizier-

10  
K

12.09.81

PHD 81-100  
3136273

kolonne zum Erzeugen von reinem Ammoniakgas auf,

- 5 d) der erste Ammoniak-Verdampfer enthält einen Wärme-  
austauscher für Kühlsole und ist über eine Zuleitung  
mit einem Ventil mit dem Speicherbehälter für  
flüssiges Ammoniak und über eine Ableitung mit dem  
Reaktor zur Wärmegewinnung verbunden,
- 10 e) der Reaktor zur Wärmegewinnung enthält einen Wärme-  
austauscher für Heißwasser und ist am Kopf über eine  
Zuleitung mit einer Pumpe und einem Ventil mit dem  
Vorratsbehälter für Wasser und am Boden über eine  
Ableitung mit einem Ventil mit dem Vorratsbehälter  
für wäßrige Ammoniaklösung verbunden,
- 15 f) der zweite Ammoniak-Verdampfer enthält einen Wärme-  
austauscher für Kühlsole und ist in der Mitte über  
eine Zuleitung mit einem Drosselventil und einem Ventil  
mit dem Vorratsbehälter für wäßrige Ammoniaklösung  
20 und über eine Zuleitung für stark ammoniakhaltiges  
Wasser mit der zweiten Rektifizierkolonne, am Boden  
über eine Ableitung für Wasser mit wenig Ammoniak  
mit der ersten Rektifizierkolonne und am Kopf über  
eine Ableitung für reines Ammoniakgas mit einem Vor-  
25 kompressor verbunden,
- g) die erste Rektifizierkolonne steht in wärmeaus-  
tauschender Verbindung mit der zweiten Rektifizier-  
kolonne und ist in der Mitte über eine Zuleitung für  
30 Wasser mit wenig Ammoniak mit dem zweiten Ammoniak-  
Verdampfer, über eine Ableitung für wasserhaltiges  
Ammoniakgas mit dem Vorkompressor und am Boden über  
eine Ableitung für praktisch reines Wasser mit einem  
Ventil mit dem Vorratsbehälter für Wasser verbunden,

35

M  
7

12.09.81

PHD 81-100

3136273

- h) die zweite Rektifizierkolonne enthält im Kopf einen Wärmeaustauscher für Kühlwasser und ist in der unteren Hälfte über eine vom Vorkompressor kommende Zuleitung für komprimiertes Ammoniakgas sowohl mit dem zweiten Ammoniak-Verdampfer als auch mit der ersten Rektifizierkolonne verbunden, sowie am Boden mit der unter f) genannten Zuleitung für stark ammoniakhaltiges Wasser,
- i) von der zweiten Rektifizierkolonne führt eine Ableitung für reines Ammoniakgas zu einem Kompressor, der über einen Wärmeaustauscher, ein Drosselventil und ein Ventil mit dem Vorratsbehälter für flüssiges Ammoniak verbunden ist,
- j) von der zweiten Rektifizierkolonne führt eine Ableitung für stark ammoniakhaltiges Wasser mit Drosselventil zum zweiten Ammoniak-Verdampfer.

Der weiteren Verbesserung des Wirkungsgrades der erfindungsgemäßen Vorrichtung dienen vorzugsweise folgende zusätzliche Merkmale:

A) Im Vorrichtungsteil für die Spitzenverbrauchszeit:

- d) Die Ableitung, über die der erste Ammoniak-Verdampfer mit dem Reaktor zur Wärmegewinnung verbunden ist, mündet vom ersten Ammoniak-Verdampfer aus in einen Wärmeaustauscher, der im Reaktor zur Wärmegewinnung im Bereich der Austrittsöffnung der Ableitung für wäßrige Ammoniaklösung angeordnet ist, und führt von diesem Wärmeaustauscher aus weiter in den Reaktor zur Wärmegewinnung.
- e) Die Zuleitung, über die der Reaktor zur Wärmegewinnung mit dem Vorratsbehälter für Wasser ver-

12 100081  
6

PHD 81-100

3136273

bunden ist, mündet vom Vorratsbehälter für Wasser aus in einen Wärmeaustauscher, der im Reaktor zur Wärmegewinnung im Bereich der Austrittsöffnung der Ableitung für wäßrige Ammoniaklösung angeordnet ist, und führt von diesem Wärmeaustauscher aus weiter in den Reaktor zur Wärmegewinnung.

B) Im Vorrichtungsteil für den Betrieb außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten:

10

h) In die vom Vorkompressor kommende Zuleitung für komprimiertes Ammoniakgas ist ein zweiter Wärmeaustauscher eingefügt.

15

i) In die vom Kompressor kommende Ableitung für reines Ammoniakgas ist vor dem ersten Wärmeaustauscher ein dritter Wärmeaustauscher zur Nutzung der Kondensationswärme des Ammoniaks eingefügt. Die Ableitung für reines Ammoniakgas mündet vom dritten Wärmeaustauscher aus in einen weiteren Wärmeaustauscher, der in der ersten Rektifizierkolonne im Bereich der Austrittsöffnung der Ableitung für praktisch reines Wasser angeordnet ist, und führt von diesem Wärmeaustauscher aus weiter zum ersten Wärmeaustauscher.

25

f) Die Zuleitung für wäßrige Ammoniaklösung mündet in einen Wärmeaustauscher, der im zweiten Ammoniak-Verdampfer angeordnet ist und führt von diesem Wärmeaustauscher aus in den zweiten Ammoniak-Verdampfer.

30

g) Die von der zweiten Rektifizierkolonne kommende Zuleitung für stark ammoniakhaltiges Wasser mündet in einen Wärmeaustauscher, der im zweiten Ammoniak-Verdampfer angeordnet ist, und führt von diesem Wärme-

35

13

12.09.81

PHD 81-100

3136273

austauscher aus in den zweiten Ammoniak-Verdampfer.

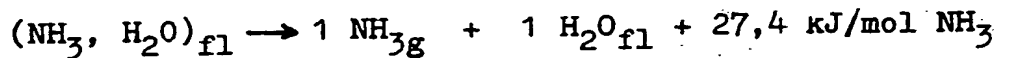
- h) In die von der ersten Rektifizierkolonne kommende  
Ableitung für praktisch reines Wasser ist ein Wärme-  
austauscher eingefügt, der im zweiten Ammoniak-Ver-  
dampfer angeordnet ist.

Eine vorzugsweise Abänderung der erfindungsgemäßen Vor-  
richtung mit den zuvor aufgeführten zusätzlichen Merk-  
malen besteht darin, daß die erste und die zweite Rekti-  
fizierkolonne und der zweite Wärmeaustauscher entfallen,  
daß der zweite Ammoniak-Verdampfer fünf Zonen aufweist,  
wobei in der ersten Zone eine Eintrittsöffnung für die  
wäßrige Ammoniaklösung aus dem entsprechenden Vorrats-  
gefäß mit einem Drosselventil sowie ein Wärmeaustauscher  
zur Kühlung von Kühlsole, in der zweiten Zone der zuvor  
unter f) erwähnte Wärmeaustauscher zur Vorkühlung der  
wäßrigen Ammoniaklösung, in der dritten Zone ein Wärme-  
austauscher zur Kühlung einer weiteren Kühlsole, in der  
vierten Zone ein Wärmeaustauscher zur Rückkühlung des aus  
dem zweiten Ammoniak-Verdampfer über die Ableitung für  
Wasser austretenden Wassers und in der fünften Zone ein  
an eine vom Vorkompressor kommende Zuleitung und eine zum  
Kompressor führende Ableitung angeschlossener Wärmeaus-  
tauscher angeordnet sind, und daß dem Kompressor gegebenen-  
falls der dritte Wärmeaustauscher zur Nutzung der Konden-  
sationswärme des Ammoniaks zugeordnet ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren beruht auf folgenden  
Reaktionen:

Betrieb außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten:  
Speicherung der chemischen Energie durch Auftrennen einer

wäßrigen Ammoniaklösung in ihre Komponenten:

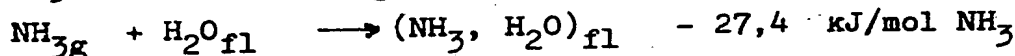


5

Betrieb während der Spitzenverbrauchszeiten:

Verbrauch der chemischen Energie durch Rückbildung der

10 Ammoniaklösung aus Wasser und gasförmigem Ammoniak:



15 (fl = flüssig, g = gasförmig)

Dabei beziehen sich die Vorzeichen der Energieangaben auf das  $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ -System; negative Werte können zum Heizen, positive zum Kühlen verwendet werden.

20

Außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten wird elektrische Energie benötigt, um das System gewissermaßen "aufzuladen". Dies erfolgt durch Abpumpen des über der Lösung gebildeten Ammoniakdampfes bei Drücken unterhalb 0,5 bar und Ver-

25 dichten bis zur Kondensation.

Zur Berechnung der Vorgänge und der umgesetzten Energien wurde das erfindungsgemäße Verfahren in einem Rechner simuliert. Die dazu benötigten Daten sind weitgehend be-  
 30 kannt und liegen meist in Tabellenform in den Standardwerken vor. Für die Berechnung der Kompression und der spezifischen Wärme der Gase wurde die Methode des 1. Virialkoeffizienten angewendet, wobei der Virialkoeffizient durch die Callendarsche Gleichung dargestellt wird. Die  
 35 Konstanten der benötigten Funktionen wurden durch Aus-

15 10.09.81

8

PHD 81-100

3136273

gleichsrechnung aus den Tabellenwerten ermittelt. Die  
Siede- und Taulinien und die Kondensations- und Ver-  
dampfungswärmen wurden für die interessierenden Tempe-  
ratur- und Druckbereiche mit Polynomen 3. Grades ange-  
5 nähert.

Die Erfindung gestattet es, Kühl- und Heizenergie für  
Kühl- bzw. Heißwasserversorgungsanlagen während solcher  
Zeiten chemisch zu speichern, an denen elektrische Energie  
10 im Überfluß von den Versorgungswerken angeboten wird, und  
sie während der Spitzenverbrauchszeiten ohne nennens-  
werten Einsatz elektrischer Energie zu aktivieren. Das  
Verfahren ist so angelegt, daß nicht nur während des  
Verbrauchs der Energie, sondern auch bereits durch den  
15 Vorgang der Speicherung selbst die Kühl- und Heißwasser-  
anlagen versorgt werden. Dies gelingt durch die Kombi-  
nation des Kompressions- mit dem Absorberprinzip und der  
konsequenten Ausnutzung thermodynamischer Prinzipien.  
Dadurch werden theoretische Wirkungsgrade zwischen 5 und  
20 8,4, je nach Fahrweise, erreicht. Neben den Vorteilen  
der zeitlich unbegrenzten Lagerung der Energie und des  
hohen Wirkungsgrades ist die große Variabilität zu nennen,  
die das Verfahren für Anwendungen mit relativ wenig Kühl-  
anforderung im Haushaltsbereich bis hin zur industriell  
25 genutzten Kühlanlagen mit relativ wenig Heißwasserbedarf  
geeignet erscheinen läßt. Die Kühl- und Heiztemperaturen  
lassen sich den Anforderungen im weiten Maße anpassen.  
Wärmeversorgungsanlagen anderen Ursprungs, z.B. Solar-  
kollektoren, können mit Vorteil integriert werden.

30

Der Vorteil der Erfindung gegenüber herkömmlichen Verfahren  
der Kälte- und Wärmeerzeugung liegt in folgendem:

1. Das Verfahren basiert u.a. auf dem Prinzip der Wärme-  
35 pumpe, so daß erhebliche Mengen Energie gespart

werden können.

2. Die Vorrichtung arbeitet nicht nur für die Kälte-,  
sondern auch für die Wärmeerzeugung mit einem so  
5 hohen Wirkungsgrad, daß selbst bei Verwendung ge-  
bräuchlicher Kompressoren und Pumpen eine starke  
Annäherung an den Carnotschen Wirkungsgrad erreicht  
wird.
- 10 3. Neben der Kühlung fällt heißes Brauchwasser an, das  
zum Heizen, Waschen oder zu anderen Zwecken verwendet  
werden kann.
4. Es kann billige außerhalb der Spitzenverbrauchszeiten  
15 erzeugte Elektrizität verwendet werden.
5. Wärmeversorgungsanlagen mit anderer Energiequelle, z.B.  
aus chemischen Prozessen oder Solarkollektoren,  
können mit Vorteil integriert werden.
- 20 6. Das Verfahren ist äußerst variabel, so daß es den ver-  
schiedensten Anforderungen angepaßt werden kann.
7. Bei entsprechender Dimensionierung der Vorratsbehälter  
25 kann die Vorrichtung als Wochenspeicher oder sogar  
Jahresspeicher arbeiten, ohne daß der Wirkungsgrad im  
geringsten beeinflußt wird.
8. Die Elektrizitätswerke werden in den Spitzenverbrauchs-  
30 zeiten entlastet.

Einige Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der  
Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher  
beschrieben.

17

12.09.81

44

PHD 81-100

3136273

Es zeigen:

- Fig. 1 einen Prinzipplan einer Heiz- und Kühlanlage  
für den Betrieb mit außerhalb der Spitzenver-  
5 brauchszeiten anfallender elektrischer Energie,
- Fig. 2 einen Prinzipplan einer gegenüber Fig. 1 weiter  
ausgebauten Heiz- und Kühlanlage und
- 10 Fig. 3 einen Prinzipplan eines Teils der Heiz- und Kühl-  
anlage nach Fig. 2 mit geregelter Energiezufuhr  
im zweiten Ammoniak-Verdampfer.

Die Bedeutung der Bezeichnungen in den Fig. 1 und 2 ist  
15 in der folgenden Tabelle 1 zusammengestellt.

#### TABELLE 1

- 20 A : Anlageteil für Spitzenverbrauchszeiten  
B : Anlageteil für den Betrieb außerhalb der Spitzen-  
verbrauchszeiten

#### Vorratsbehälter

- 25 Ta Speicher für flüssiges Ammoniak ( $\text{NH}_3$ )  
(maximaler Druck: 20 bar)
- Tb Speicher für Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (maximaler Druck:  
1 bar)
- 30 Tc Speicher für  $\text{H}_2\text{O}$ - $\text{NH}_3$ -Mischung (maximaler  
Druck: 4 bar)

#### Reaktoren

- 35 R 1 Ammoniak-Verdampfer für den Betrieb zur

18

42

10.09.81

PHD 81-100

3136273

TABELLE 1 Fortsetzung

	Spitzenverbrauchszeit, Arbeitsdruck 0,1 bis 0,3 bar
5	KS2: Wärmeaustauscher für Kühlsole der Kühlanlage Da: Drosselventile zur Reduzierung des Db: Flüssigkeitsdrucks M: Rohrleitung für einströmendes Lösungsgemisch 1 : 1
10	S3: Rohrleitung für einströmenden Sumpf aus R 3, stark $\text{NH}_3$ -haltiges $\text{H}_2\text{O}$ S1: Rohrleitung für ausströmenden Sumpf, $\text{H}_2\text{O}$ mit wenig $\text{NH}_3$ D1: Rohrleitung für ausströmendes Destillat, reines $\text{NH}_3\text{g}$
15	
	(R 2, R 3) Zwei ineinander gebaute Rektifizierkolonnen
R 2	Rektifizierkolonne zum Aufarbeiten des Inhalts von S 1 in reines $\text{H}_2\text{O}$ und Destillat; Arbeitsdruck wie R 1
20	S1: Rohrleitung für einströmenden Sumpf von R 1 S2: Rohrleitung für austretenden Sumpf, hier reines $\text{H}_2\text{O}$ D2: Rohrleitung für ausströmendes Destillat, vorwiegend $\text{NH}_3$
25	
R 3	Rektifizierkolonne zur Erzeugung von reinem $\text{NH}_3$ Arbeitsdruck 2 bis 6 bar
	E3: Eintritt des gasförmigen Gemisches von D1 und D2, die in Ka komprimiert wurden; E3=D1+D2
30	S3: Austritt des ammoniakreichen Sumpfes D3: Ausströmendes Destillat aus reinem $\text{NH}_3$ , das im Kb komprimiert und in Wc verflüssigt wird
35	KW: Wärmeaustauscher für Kühlwasser zum Abkühlen von D3 auf $20^\circ\text{C}$ und Abschiden von Restwasser

19

12.09.81

PHD 81-100

3136273

- R 4      Ammoniak-Verdampfer für den Betrieb außerhalb  
der Spitzenverbrauchszeit, Arbeitsdruck etwa  
2 bar
- 5      KS1: Wärmeaustauscher für Kühlsole der Kühl-  
anlage
- $\text{NH}_3\text{fl}$ : Rohrleitung für einströmendes flüssiges  
Ammoniak
- $\text{NH}_3\text{g}$ : Rohrleitung für ausströmendes gasförmiges  
Ammoniak
- 10      R 5      Reaktor zur Warmegewinnung, Arbeitsdruck wie R 4.
- $\text{NH}_3\text{g}$ : Rohrleitung für einströmendes Ammoniak,  
gasförmig
- 15       $\text{H}_2\text{O}$ : Rohrleitung für einströmendes Wasser,  
flüssig
- HW : Wärmeaustauscher für Heißwasser
- M : Rohrleitung für austretende Ammoniaklösung

#### Kompressoren

- 20      Ka: Vorkompressor von E3 auf den zur Zer-  
legung benötigten Druck
- Kb: Nachkompressor zur Verflüssigung von  $\text{NH}_3$

#### Wärmeaustauscher

- 25      Wa      Wärmeaustauscher für das Aufheizen des Heiß-  
wassers HW auf die Endtemperatur durch die  
Energie des komprimierten Gases in E3
- Wb      Kondensation des Ammoniaks in D3 und Abgabe der  
30      Kondensationswärme durch Vorwärmen des Heiß-  
wassers HW.
- Wc      Abkühlen des flüssigen Ammoniaks durch Kühl-  
wasser auf 20°C
- 35

20

13.09.81

14

PHD 81-100

3136273

Steuerventile

5 Va bis Vf: dienen zum Steuern der Materialströme während und außerhalb der Spitzenverbrauchszeit

Pumpe P: Pumpt das Wasser aus Tb in R5

Drosselventile

10

Da Einlaßventil der Mischung M in den Reaktor R1

Db Einlaßventil des Sumpfes S3 von R3 in R1

Dc Reduzierventil des Druckes des flüssigen Ammoniaks vom Wärmeaustauscher Wc auf den Druck im Vorratsbehälter Ta

15

Im Zentrum der Fig. 1 sind die Vorratsbehälter Ta, Tb und Tc für verflüssigtes Ammoniak, Wasser bzw. die 1 : 1 Mischung dargestellt, links die beiden Reaktoren R 4 und R 5 für die Zeiten der Elektrizitätsspitzenbelastung und rechts die Reaktoren R 1 und R 2 und R 3 und die Kompressoren Ka und Kb für die Zeiten geringer Inanspruchnahme der Elektrizitätswerke durch andere Verbraucher. R 1 und R 4 sind die Verdampfer, in denen gasförmiges Ammoniak aus der Mischung bzw. dem flüssigen Ammoniak entsteht und in welchen die Kühlsole KS2 bzw. KS1 auf die erforderliche Temperatur abgekühlt wird. In R5 bildet sich die Lösung unter Freisetzung von Wärme, die an das Heißwasser HW abgegeben werden kann.

30

Zunächst soll von den Reaktoren R2 und R3 abgesehen werden. Dann kann man einen Reaktionszyklus folgendermaßen beschreiben:

35

21  
25

13.09.81

PHD-81-100

3136273

1. Spitzenverbrauchszeit: Die Ventile Va, Vc und Ve werden geöffnet und die Ventile Vb, Vd und Vf geschlossen. Die Kühlsole wird in Reaktor R 4 und das Heißwasser in Reaktor R5 geleitet. Das bei Raumtemperatur unter einem Druck von 9 bar stehende Ammoniak strömt aus dem Vorratsbehälter und verdampft in R 4 bei einer Temperatur von -20 bis -15°C; der dabei entstehende Gleichgewichtsdruck ist rund 2 bar. Dieses Gas strömt dann in den Reaktor R 5; dort trifft es mit dem Wasser zusammen, das durch die Pumpe P aus dem Vorratsbehälter gefördert wurde. Das gasförmige Ammoniak löst sich im Wasser; die hierbei entstehende Reaktionswärme wird durch das Heißwasser aufgenommen. Die Lösung gelangt am Ende dieses Halbzyklus in den Vorratsbehälter Tc.
2. Außerhalb der Spitzenverbrauchszeit: Jetzt werden die Ventile umgeschaltet und die Kühlsole wird durch den Reaktor R 1 geleitet. Gleichzeitig laufen die Kompressoren Ka und Kb an. Ka muß so ausgelegt sein, daß in R 1 ein Druck kleiner als 0,5 bar, vorzugsweise 0,1 bar, aufrechterhalten werden kann. Ka wirkt wie ein Vorkompressor; das vorkomprimierte Gas wird abgekühlt und in Kb auf den Kondensationsdruck des Ammoniaks verdichtet. Durch den geringen Druck in R 1 wird die Mischung M aus dem Vorratsgefäß Tc herausgesaugt und gelangt durch das Drosselventil Da in den Reaktionsraum von R 1. Dieser wirkt praktisch wie eine Rektifizierkolonne; durch die Wärme der Kühlsole wird das Ammoniak ausgetrieben. Das bei den tiefen Temperaturen der Kühlsole entstehende Destillat D 1 ist praktisch reines  $\text{NH}_3$ , das nach der Verdichtung in Ka und Kb und Kondensation im Wärmetauscher Wc im Vorratsbehälter Ta gespeichert werden kann. Die abfließende Sole S1 ist stark an Ammoniak verarmt und könnte nun ebenfalls ge-

speichert werden (In Fig. 1 müßte dann S1 anstelle von S2 direkt in Tb fließen).

Mit dieser einfachen Anordnung aus R 1, R 4, R 5, Ka, Kb, P und Wc sowie einem nicht gezeichneten Kühler

5 zwischen Ka und Kb für das vorverdichtete Gas lassen sich Kühltemperaturen unter  $-20^{\circ}\text{C}$  erzielen. In den Spitzenverbrauchszeiten kann auch Heißwasser erzeugt werden. Der Wirkungsgrad ist jedoch noch relativ schlecht, da das außerhalb der Spitzenverbrauchszeit erzeugte "Wasser" nicht ammoniakfrei ist, sondern je  
10 nach Einlaufteperatur der Kühlsole 0,08 bis 0,25 Gew. Tl. Ammoniak enthält. Dies bewirkt zweierlei : 1. Die Speicherkapazität muß unter Umständen doppelt so groß ausgelegt werden wie nach der Umsatzgleichung zu erwarten ist. 2. Die bei der Heißwassererzeugung erreichbare maximale Nutztemperatur wird drastisch gesenkt, z.B. von maximal  $120^{\circ}\text{C}$  auf  $60^{\circ}\text{C}$  für 0,25 Gew. Teile  $\text{NH}_3$ .

20 Um diese beiden Nachteile zu vermeiden, kann die Sole S1 des Sumpfes R 1 weiter aufbereitet werden in reines Wasser und Ammoniak in den beiden Reaktoren R 2 und R 3. Diese stellen genau wie R 1 Rektifizierkolonnen dar. In R 2 wird die Sole S1 bei praktisch dem gleichen  
25 Druck wie in R 1, jedoch bei höherer Temperatur, nämlich bei oder kurz unter dem Siedepunkt des reinen Wassers unter diesem Druck, von allem  $\text{NH}_3$  befreit. Die dazu benötigte Wärme stammt aus der Energie der Vor-kompression des Destillats D1. Diese Kompression erfolgt  
30 praktisch weitgehend adiabatisch, so daß die benötigte elektrische Energie zu einem großen Teil in Wärme umgewandelt wird. Um den Wärmeaustausch von D1 und S1 zu ermöglichen, sind die beiden Rektifizierkolonnen mit großen Wärmeaustauschflächen ineinandergestellt.

35

Während unter dieser Bedingung aus dem Sumpf von R 2 praktisch reines Wasser (als S2) abfließt, ist das Destillat D2 noch stark wasserhaltig. Es wird am zweckmäßigsten dem Destillat D1 zugefügt und mit diesem in Ka vorverdichtet. Diese Mischung tritt dann als heißes E3 in den Reaktor R 3, gibt dort seine Wärme an S1 ab und wird schließlich durch die Kühlung im Kopf der Kolonne auf Raumtemperatur abgekühlt. Dabei verliert das Gas den letzten Rest Wasser, der am Boden von R 3 als Sumpf S 3 abgezogen wird. Dieser Sumpf ist, entsprechend dem Druck von z.B. 2 bar in R 3, noch stark ammoniakhaltig; er kann daher zusammen mit der Mischung M zur Kühlung in R 1 herangezogen werden. Er wird über das Drosselventil Db in den Reaktionsraum eingeführt.

Aus dieser Beschreibung kann man erkennen, daß im Gegensatz zum Reaktor R 4, der ein echter Verdampfer ist, die Reaktoren R 1, R 2 und R 3 modifizierte Rektifikationssäulen darstellen, in denen durch Einstellen eines bestimmten Druckes die gewünschten Reaktionen ausgelöst und die benötigten Massenbewegungen und Wärmetransporte verursacht werden.

Die im vorigen Abschnitt beschriebene Anlage kann vor allem hinsichtlich des Wirkungsgrades verbessert werden. Im Grunde genommen sind schon die Reaktoren R 2 und R 3 ein Schritt in dieser Richtung. Fig. 2 zeigt weitere Änderungsmöglichkeiten.

Zunächst sei der Anlageteil A für die Spitzenverbrauchszeit betrachtet. Im Reaktor R 5 erfolgt eine Vorwärmung der in den Reaktor am Kopf eintretenden Reaktanden  $H_2O$  und  $NH_3g$  durch das am Boden austretende Produkt M. Dies hat folgende Vorteile:

1. M wird mit beinahe gleicher Temperatur wie das  $H_2O$  gespeichert.
2. Von der Reaktionswärme geht nichts verloren.
3. Es wird erreicht, daß bei Zulauftemperaturen von HW zwischen 20 und 25°C am Boden der Kolonne noch Temperaturen von etwa 20°C herrschen.
- 10 Steigt die Bodentemperatur in R 5 zu stark an, dann stellt sich in der Reaktionslösung nicht mehr das Verhältnis 1 : 1 ein. Damit muß bei gleichbleibendem Verhältnis des Zulaufs der Reaktanden der  $NH_3$ -Druck steigen, bis - bei gleichbleibender  $H_2O$ - und  $NH_3$ - Zufuhr - die Gleichgewichtskonzentration 1 : 1 wieder erreicht ist. Dies bedeutet aber höhere Verdampfungstemperatur im Kühlreaktor R 4. Letzten Endes liegt hier der Grund, der zur Wahl des Verhältnisses  $H_2O : NH_3 = 1 : 1$  geführt hat:
- 20 Fordert man eine Kühltemperatur von -15 bis -20°C, so ist der einzuhaltende Ammoniakdruck 2,3 bis 1,9 bar. Für die Mischung 1 : 1 liegen die Gleichgewichtsdrucke für diese Drucke bei 18,5 bzw. 12,2°C. Liegen die Temperaturen des ankommenden Heißwassers wesentlich über 20°C
- 25 oder ist seine Menge so gering, daß es nicht die gesamte Reaktionswärme aufnehmen kann, so daß die Vorwärmung der Reaktanden die Bodentemperatur nicht genügend erniedrigen kann, gibt es folgende Möglichkeiten, die niederen Temperaturen im Kühler R 4 zu erreichen:
- 30
  1. Der Boden von R 5 wird zusätzlich von Kühlwasser durchströmt.
  2. Ein Teil der Kühlung von R 4 wird auf R 5 umgelegt.
  3. Die Apparatur wird mit einem niedrigeren Ammoniak-
  - 35 gehalt als 1 : 1 gefahren.

In jedem dieser Fälle wird der Wirkungsgrad erniedrigt und das Speichervolumen vergrößert, da die Menge nutzbarer Reaktionswärme abnimmt.

- 5 Im Teil B der Anlage für den Betrieb außerhalb der Spitzenverbrauchszeit gibt es eine Reihe von Verbesserungen und Änderungen.

Am auffallendsten in Fig. 2 gegenüber Fig. 1 ist die Einfügung der Wärmeaustauscher Wa und Wb. Diese dienen dazu, 10 daß auch in dieser Periode Wärme für das Heißwasser gewonnen werden kann. Der dazu vorgesehene Prozeß ist der einer Wärmepumpe mittels des abgetriebenen Ammoniaks und der beiden Kompressoren Ka und Kb.

- 15 Im Vorkompressor Ka wird das Gas von 0,1 bis 0,3 bar auf etwa 2 bar adiabatisch verdichtet. Die hierbei umgesetzte elektrische Energie erscheint vollständig als Wärme. Das Gas wird dabei aufgeheizt, und zwar bei einem Ausgangs- und Enddruck von 0,098 bar und 1,96 bar auf 130°C, 20 die umgesetzte Energie beträgt 220 J/g-Mischung. In Fig. 2 ist der Wärmeaustauscher so dargestellt, daß das Heißwasser die letzte Aufheizung mittels dieses Gases bekommt, d.h. verläßt das HW den Austauscher z.B. mit 95°C, so könnte das Gas auf 90°C abgekühlt sein. In 25 Tabelle 2 sind die Bilanzen zusammengestellt.

TABELLE 2

Wärmebilanzen für Kompressor Ka und die Reaktoren R2 und R3

5 Die Bodentemperatur in R1 beträgt 20°C.

	Arbeitsdruck in R1	0,098	0,196	0,294	bar
10	Verdampfungswärme in R2	0,13	0,15	0,26	J/g-M
	Kondensationswärme in R3	0,05	0,03	0,03	J/g-M
	Bodentemperatur in R2	46	60	70	°C
	Kompressionsarbeit in Ka	0,22	0,15	0,27	J/g-M
	für den Enddruck $p_E$	1,96	1,96	8,83	bar
15	für Wa verfügbare Wärme	0,14	0,03	0,04	J/g-M

(g-M bedeutet Anzahl Gramm der Mischung  $NH_3 : H_2O = 1 : 1$ )

20

Es ist zu beachten, daß das komprimierte Gas genügend Energie besitzen muß, um in R 2 die Sole S1 soweit aufzuheizen, daß alles Ammoniak ausgetrieben werden kann. Aus der Tabelle erkennt man, daß nur bei einem Arbeitsdruck  
 25 in R 1 von 0,098 bar und bei einer Austrittstemperatur der Sole S1 von 20°C in Wa noch nennenswerte Wärme zur Verfügung steht; in allen anderen Fällen muß der Wärmeaustauscher Wa entfallen, da die Energie des Gases gerade ausreicht, die Reaktion in R 2 zu unterhalten. Hier bieten  
 30 sich nun zwei weitere Möglichkeiten an:

1. Man steuert den Enddruck des Kompressors Ka so, daß die umgesetzte Energie eben gerade ausreicht, alles Ammoniak aus S1 zu verdampfen. Der Vorteil besteht  
 35 darin, daß der Wärmeaustauscher Wa ohne Energieverlust

entfallen kann.

2. Für den Betrieb des Reaktors R 2 benötigt man keine allzu hohen Temperaturen, z.B. 46°C bei 0,098 bar und 70°C bei 0,294 bar. Daher kann man, wenn verfügbar, Heißwasser vorsehen, das entweder aus der Spitzenverbrauchszeit stammt oder durch einen Sonnenkollektor erzeugt wurde. Eine weitere Version zeigt Fig. 2: Hier wird das den Wärmeaustauscher verlassende Gas verwendet; dies ist nur möglich, wenn das zuströmende Heißwasser HW eine Temperatur besitzt, die wesentlich höher als die Arbeitstemperatur des Bodens von R 2 ist, damit noch genügend Energie in R 2 abgegeben werden kann.

Um die Wärme des Heizmediums im Reaktor R 2 voll ausnutzen zu können, muß der Wärmeaustauscher bis zum Einflußpunkt der Sole S1 hochgezogen sein, so daß Wärme nicht nur bei der Siedetemperatur, sondern auch noch bei der Eintrittstemperatur von S1 abgegeben werden kann.

Mit der in Fig.2 gezeigten Anlage ist es nicht nötig, die Menge der an R 2 gelieferten Energie zu begrenzen, da ein Zuviel an Energie durch das Kühlwasser am Kopf der Kolonne R 3 abgeleitet wird.

Die durch die Vorkompression zur Verfügung gestellte Energie ist selbst im günstigsten Fall (0,1 bar Arbeitsdruck, 20°C Bodentemperatur in R 1) nur gering; ein Wärmepumpeneffekt tritt nicht ein. Anders ist es im Nachkompressor Kb: Verdichtet man auf hohe Drucke, so kondensiert das Ammoniak bei hohen Temperaturen und gibt bei diesen Temperaturen seine Kondensationswärme ab. In Tabelle 3 sind die Daten für Kompressionen von 1,96 bar auf 8,83, 29,4 bzw. 53,9 bar angegeben.

28

22

12.09.81

PHD 81-100

3136273

TABELLE 3

Wärmebilanzen für den Kompressor Kb und den Wärmeaus-  
tauscher Wb (Vorlauftemperatur 50°C)

5

Kompression von 1,96 bar	8,83	29,4	53,9	bar
auf:				
Austrittstemperatur aus Kb	130	236	296	°C
10 Mechanische Arbeit in Kb	0,10	0,24	0,35	kJ/g-M
Kondensationstemperatur $T_K$	21	62	91	°C
Kondensationswärme	0,580	0,476	0,382	kJ/g-M
Fühlbare Wärme bis 50°C	0,075	0,224	0,370	kJ/g-M
Nutzwärme bis 50°C	0,075	0,700	0,752	kJ/g-M
15 Nutzwärme/mech. Arbeit	75	290	216	%
Mindestmenge Heißwasser HW	0,22 <sup>*)</sup>	10,07 <sup>**)</sup>	2,87 <sup>**)</sup>	g-H <sub>2</sub> O/g-M
Maximale Temperatur von HW	130	67	112	°C

20 <sup>\*)</sup> Zum Abführen der fühlbaren Wärme des Gases benötigt

<sup>\*\*)</sup> Zum Abführen der Kondensationswärme und der fühlbaren  
Wärme von 50°C bis zur Kondensationstemperatur be-  
nötigt.

25 Für die Temperatur des ankommenden Heißwassers wurde 50°C  
angenommen; ist diese Temperatur niedriger, so wird die  
fühlbare Wärme des NH<sub>3</sub> besser genutzt. Bei einem Enddruck  
von 8,83 bar kondensiert das Ammoniak bei 21°C; die  
Kondensationswärme ist praktisch verloren und muß durch

30 Kühlwasser abgeführt werden; nutzbar ist lediglich der Teil  
der Kompressionsarbeit, der einer Erwärmung über die Vor-  
lauftemperatur von HW entspricht. Mit steigendem Druck  
steigt nicht nur die Kondensationstemperatur und damit  
die erzielbare Aufheiztemperatur, sondern auch die Nutz-  
35 wärme, allerdings fällt der Wirkungsgrad, da die

29  
23

10.09.81

PHD -81-100-

3136273

mechanische Arbeit schneller größer wird. Um die Kondensationswärme vollständig abzuführen, ist bei gegebener Vorlauftemperatur eine Mindestmenge Heißwasser nötig; arbeitet man im Gegenstromprinzip, so kann das Heißwasser  
5 nach Erreichen der Kondensationstemperatur durch das heiße Gas noch etwas weiter aufgewärmt werden. Die erreichbaren Werte sind für die Vorlauftemperatur 50°C ebenfalls in Tabelle 3 angegeben.

10 Weitere Änderungen in Fig. 2 gegenüber Fig. 1 liegen im Reaktor R 1 vor. Hier sind noch 3 Wärmeaustauscher eingefügt:

1. Für die Ausgangslösung M
- 15 2. Für den Sumpfablauf S3
3. Für das Produkt S2 = H<sub>2</sub>O

Weiter ist eine Heizleitung möglich, die nicht eingezeichnet ist:

20

4. Für eine Aufwärmung des Sumpfes S2 durch "Kühlwasser" auf z.B. 20°C.

Die Maßnahmen 1. und 2. dienen dazu, den Wirkungsgrad zu  
25 verbessern, so daß der Einlauf M + S3 vorgekühlt in die Kühlzone tritt. Die Kühlung des Produktes in S2 hat den Zweck, das Produkt ohne extra Kühlwasserbedarf so kalt abzuspeichern, wie es für den Betrieb in der Spitzenverbrauchszeit notwendig ist. Daneben dienen diese 3 Maßnahmen zusammen mit dem Punkt 4 dazu, S1 möglichst weit  
30 an Ammoniak abzureichern, damit die Rücklaufmenge in S3 möglichst klein wird.

In Tabelle 4 sind die allgemeinen Daten für die Kälte-  
35 erzeugung in R 1 für verschiedene Arbeitsdrücke angegeben.

TABELLE 4

## Kälteerzeugung außerhalb der Spitzenverbrauchszeit

5	Arbeitsdruck in R1 und R2	0,098	0,196	0,294 bar
	Minimale Nutztemperatur $T_M$	-47	-36	-30 °C
	Maximale Kältekapazität	0,86	0,76	0,70 kJ/g-M
	Kältekapazität von $T_M$			
10	bis -15°C	0,53	0,38	0,27 kJ/g-M
	- 5°C	0,63	0,50	0,40 kJ/g-M
	+10°C	0,73	0,64	0,57 kJ/g-M
	Rücklaufmenge S3	2 bis 3	1 bis 2	1 bis 2 %*)
	Rücklaufmenge D2	6 bis 10	7 bis 13	12 bis 20 %*)

15

\*) bezogen auf die umgesetzte Menge der Lösung 1 : 1 bzw.  
Mischung 1 : 1

20 Die "minimale Nutztemperatur" ist die theoretisch tiefste erreichbare Kühltemperatur. Die "maximale Kältekapazität" wird ausgenutzt, wenn die Kühlsole mit +20°C in den Reaktor eintritt; die für niedrigere Eintrittstemperaturen geltenden Werte sind ebenfalls angegeben. Die Rücklauf-

25 mengen S3 und D2 hängen etwas von der Fahrensweise des Reaktors ab, die niedrigeren Zahlen gelten für Endtemperaturen des Sumpfes von 20°C, die höheren, wenn nur M, S2 und S3 (obige Punkte 1, 3 und 2) durch S1 gekühlt werden. Bei diesen Rechnungen wurde vorausgesetzt, daß die

30 Durchflußmenge der Kühlsole stets so groß ist, daß die Austrittstemperatur zwar die minimale Nutztemperatur nicht erreicht, jedoch unter -15°C liegt.

In Tabelle 5 sind die Daten noch etwas weiter auf-

35 schlüsselt.

31  
25

10.09.81  
PHD 81-100

3136273

Wieder sind die beiden Fälle untersucht:

a) Erwärmung des Sumpfes S1 durch den Einlauf M + S3  
und ein externes Medium, so daß S1 20°C erreicht.

5

b) Erwärmung des Sumpfes S1 nur durch den Einlauf M + S3  
und das Produkt S2.

10

15

20

25

30

35

32  
26

PHD 81-100  
3136273

5  
10  
15  
20  
25  
30  
35

TABELLE 5

Kälteerzeugung außerhalb der Spitzenverbrauchszeit

Einzeldaten für verschiedene Eintrittsttemperaturen  $T_E$  der Kühlsole und die Fälle:

- a) Erwärmung des Sumpfes S1 auf 20 °C durch ein externes Medium
- b) Erwärmung des Sumpfes S1 nur durch Einlauf E1 und Produkt S2 ( $H_2O$ )

Druck	Eintrittstemp. $T_E$ der Kühlsole	-15	-10	-5	0	+5	+10	$q_c$
0,098 bar	Kühlwärme für Kühlsole von $T_E$ bis $T_M$	0,53	0,58	0,63	0,68	0,72	0,76	$q_c$ kJ/g-M
	a) Zwischentemp. $T_Z$ des Sumpfes S1	-4	0	+4	+8	12	15	$q_c$
	externe Wärme von $T_Z$ bis 20 °C	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	$q_c$ kJ/g-M
	b) Endtemp. $T_S$ des Sumpfes S1	+8	12	15	18	21	23	$q_c$
	Endtemp. von S2	-1	+3	+7	10	13	16	$q_c$
	Ungenutzte Kälte von 20 °C bis $T_S$	0,07	0,05	0,03	0,01	-	-	$q_c$ kJ/g-M
0,196 bar	Kühlwärme für Kühlsole von $T_E$ bis $T_M$	0,38	0,44	0,50	0,55	0,60	0,64	$q_c$ kJ/g-M
	a) Zwischentemp. $T_Z$ des Sumpfes S1	-4	0	+4	+8	12	15	$q_c$
	externe Wärme von $T_Z$ bis 20 °C	0,27	0,23	0,19	0,16	0,14	0,12	$q_c$ kJ/g-M
	b) Endtemp. $T_S$ des Sumpfes S1	+7	11	15	18	22	25	$q_c$
	Endtemp. von S2	-4	0	+4	+8	12	15	$q_c$
	Ungenutzte Kälte von 20 °C bis $T_S$	0,11	0,08	0,04	0,02	-	-	$q_c$ kJ/g-M
0,294 bar	Kühlwärme für Kühlsole von $T_E$ bis $T_M$	0,27	0,34	0,40	0,46	0,52	0,57	$q_c$ kJ/g-M
	a) Zwischentemp. $T_Z$ des Sumpfes S1	-6	-1	+3	+7	11	14	$q_c$
	externe Wärme von $T_Z$ bis 20 °C	0,32	0,27	0,23	0,19	0,16	0,13	$q_c$ kJ/g-M
	b) Endtemp. $T_S$ des Sumpfes S1	+5	10	14	18	22	25	$q_c$
	Endtemp. von S2	-6	-1	+3	+7	11	14	$q_c$
	Ungenutzte Kälte von 20 °C bis $T_S$	0,14	0,11	0,06	0,03	-	-	$q_c$ kJ/g-M

Im Fall a) gibt die Zwischentemperatur  $T_z$  die Temperatur in dem Reaktor zwischen der Kühlung des Einlaufs und dem Austritt des externen Mediums an; dies ist also praktisch die tiefste Temperatur, die dieses Medium 5 erreichen kann. Es sind dies Werte, wie sie für Haushaltskühlschränke oder Raumklimatisierung benötigt werden.

Unter b) treten Temperaturen für  $H_2O$  und  $0^\circ C$  auf; dies muß zur Verhinderung von Eisbildung natürlich vermieden 10 werden.

Zuvor wurde angedeutet, daß die Erhöhung der Sumpftemperatur in R 1 zur Verminderung des Rücklaufes S3 und damit auch des von D2 führt. Geht man konsequent weiter, so kann man den Rücklauf ganz verhindern, wenn man S1 bis 15 zur Siedetemperatur des Wassers unter dem Arbeitsdruck in R 1 erhitzt, z.B. bei 0,098, 0,196 bzw. 0,294 bar auf 46, 60 bzw.  $69^\circ C$ . Die Reaktoren R 2 und R 3 entfallen dann. Ammoniak geht wegen der tiefen Temperatur am Kopf von R 1 praktisch wasserfrei über und Wasser tritt wegen 20 der hohen Temperatur im Sumpf praktisch ammoniakfrei aus. Ein solcher Reaktor ist in Fig. 3 dargestellt. Er hat eine spezielle Form einer Rektifizierkolonne angenommen: Diese Kolonne hat nicht nur Böden mit verschiedener Konzentration, sondern auch Böden mit separater Energiezufuhr. 25 Fig. 3 zeigt ferner einen Prinzipplan einer Anlage mit diesem Reaktor. Die Vorratsbehälter Ta, Tb und Tc für  $NH_3$ ,  $H_2O$  und die 1 : 1 -Mischung, die Wärmeaustauscher Wb und Wc sowie die Kompressoren Ka und Kb sind die gleichen wie in Fig. 2. Der Reaktor R 1 ist jedoch in 5 Zonen 30 bzw. Böden unterteilt:

- B 1: Eintritt der Mischung M und Kühlung der Kühlsole K S 2
- B 2: Vorkühlung der Mischung
- 35 B 3: Kühlung einer Kühlsole KA für ein Klimaanlage oder ähnliches

- B 4: Rückkühlung des austretenden Produkts  $H_2O$   
des Sumpfes S1 von R 1
- B 5: Aufheizen des Sumpfes S1 bis nahe an den Siedepunkt unter dem herrschenden Druck mittels der Kompressionswärme aus dem Vorverdichten des Destillats D 1 im Kompressor Ka.

Um ein einwandfreies Arbeiten der Kolonne zu gewährleisten, d.h. um keine Kälte für KS2 zu verlieren oder keine unvollständige Trennung zu erhalten, muß die Energiezufuhr von KA und durch Ka geregelt werden. Für KA wird in der Regel die Eintrittstemperatur vorgegeben sein; die Energie kann dann über die Menge von KA eingestellt werden. Für Ka hat man mit der Wahl des Verdichtungsverhältnisses Enddruck zu Anfangsdruck von D 1 die Möglichkeit, die in B 5 zur Verfügung stehende Energie zu bestimmen.

Neben dem zuvor erläuterten Beispiel nach Fig. 3 gibt es noch weitere Möglichkeiten.

Man kann z.B. KA durch normales Kühlwasser ersetzen, das hier als Heizmedium wirkt. Man kann die Heizung mit D1 durch andere Wärmequellen ersetzen, z.B. Heißwasser aus anderen Prozessen oder aus einem Sonnenkollektor; die bei der Vorkompression von D1 erzielten hohen Temperaturen können dann an anderer Stelle eingesetzt werden. Schließlich bietet sich noch an, die Restwärme der Nachkompression, die im Wärmetauscher Wc abgeführt wird, auszunutzen.

Dies ist besonders bei hohen Vorlauftemperaturen des Heißwassers vorteilhaft, wenn nämlich im heißen Ammoniak noch genügend Energie steckt, um die Verdampfung in R 1 bis zum reinen Wasser durchzuführen. Außerdem kann bei entsprechender Ausführung kaltes Ammoniak erhalten werden, so daß die Temperatur im Vorratsbehälter und damit der Druck niedrig bleiben. Ist die Wärmeisolation des Vorratsbehälters gut genug, so daß diese tiefe Temperatur im wesentlichen bis zur Spitzenverbrauchszeit erhalten

bleibt, bringt es wiederum Vorteile für die Kälteerzeugung in dieser Zeit.

In Tabelle 6 sind die für die Kälte- und Wärmeerzeugung  
5 nutzbaren Energiemengen, bezogen auf 1 g Mischung 1 : 1,  
angegeben. Als Grundlage dient eine Anlage entsprechend  
Fig. 2, eine vollständige Trennung der Mischung in die  
Komponenten (Reinheit etwa 1 %) und die Reaktionsdrücke  
0,098, 0,196 bzw. 0,294 bar in R 1 außerhalb der Spitzen-  
10 verbrauchszeit. Außerdem wurde angenommen, daß die  
Kälte (in R 1) in der Spitzenverbrauchszeit bis zu einer  
Temperatur von +10°C herauf, die Wärme (im Wb) bis zu  
+50°C herunter genutzt werden kann, während die Wärme  
( in R 5) in der Spitzenverbrauchszeit bis zu 20°C herunter  
15 verwendbar angenommen wird. Die Kälteerzeugung in R 4  
erfolgt bei konstanter Temperatur, falls die Endtempe-  
ratur in R 5 konstant ist.

Weiterhin wurde angenommen, daß bei einem Arbeitsdruck  
von 0,294 bar in R 1 die Vorkompression einstufig auf  
20 8,83 bar erfolgt. Die unter Umständen mögliche Nutzung  
der Vorkompressionsenergie durch den Wärmeaustauscher wurde  
vernachlässigt, da diese Energie vor allem bei 0,196  
und 0,294 bar zur Aufarbeitung von S 1 benötigt wird.  
Die angegebenen Werte schwanken um etwa +/- 10 % je  
25 nach der Fahrensweise der Reaktoren; außerdem werden sie  
kleiner, wenn die oberen Temperaturen der Kühlsole in  
R 1 fallen bzw. die unteren Temperaturen des Heißwassers  
in R 5 oder Wb ansteigen.

36

30

100001

PHD 81-100

3136273

TABELLE 6

Zusammenstellung der nutzbaren und aufzuwendenden  
Energien<sup>\*)</sup>

5

1. Innerhalb der Spitzen-  
verbrauchszeit

	Energie [kJ/g-M]	Min./Max.-Temp. [°C]
--	---------------------	-------------------------

Kälteerzeugung in R4 + 0,60 -15 / -15

10 (ohne Vorkühlung)

Wärmeerzeugung in R5 - 0,79 20 / 120

Mechanische Arbeit in P + 0,001

2. Außerhalb der Spitzen-  
verbrauchszeit

15

Kälteerzeugung in R1 bei:

0,098 bar + 0,76 -47 / +10

0,196 bar + 0,64 -36 / +10

20 0,294 bar + 0,57 -30 / +10

Wärmeerzeugung in Wb von 1,96 bar auf:

8,83 bar - 0,07 +50 / +130

29,4 bar - 0,70 +50 / + 67

25 53,9 bar - 0,75 +50 / +112

Wärmeerzeugung in Wa: nicht berücksichtigt

Mechanische Arbeit in Ka:

0,098 auf 1,96 bar + 0,22 -11 / +235

30 0,196 auf 1,96 bar + 0,15 - 8 / +173

0,294 auf 8,83 bar + 0,27 - 6 / +290

<sup>\*)</sup> Positive Energien werden von der Anlage aufgenommen,  
negative abgegeben.

35

37  
3T

12.09.81

PHD 81-100

3136273

TABELLE 6 Fortsetzung

	Energie [kJ/g-M]	Min./Max.-Temp. [°C]
5		
Mechanische Arbeit in Kb:		
1,96 auf 8,83 bar	+ 0,10	20 / 130
1,96 auf 29,4 bar	+ 0,24	20 / 236
10 1,96 auf 53,9 bar	+ 0,35	20 / 296
8,83 auf 29,4 bar	+ 0,09	20 / 89
8,83 auf 53,9 bar	+ 0,16	20 / 127

15 In Tabelle 7 sind die Werte der umgesetzten Energien für einen gesamten Arbeitszyklus angegeben, zusammen mit den Wirkungsgraden für die Kälte- und Wärmeerzeugung und denjenigen für die gesamte nutzbare Energie. Dabei  
20 ist die Wärmeenergie auf die benötigte Kompressionsarbeit direkt an den Gasen bezogen; elektrische und mechanische Verluste der Kompressoren, thermische Verluste in Leitungen und Wärmeaustauschern sowie Energie für Steuerung, Regelung und Pumpen sind nicht berücksichtigt.

25

30

35

TABELLE 7Zusammenfassung der Energien und theoretischer Wirkungs-  
grad eines Arbeitszyklus

5	Wärmeerzeugung mit				
	8,83 bar	-0,86	kJ/g-M		
	29,4 bar	-0,49	kJ/g-M		
	53,9 bar	-1,54	kJ/g-M		
10	Arbeitsdruck im	0,098	0,196	0,294	bar
	Reaktor R1				
	Kälteerzeugung:	+1,36	+1,24	+1,17	kJ/g-M
	Kompressionsarbeit				
	auf 8,83 bar	+0,33	+0,25	+0,27 <sup>*)</sup>	kJ/g-M
15	auf 29,4 bar	+0,46	+0,39	+0,36	kJ/g-M
	auf 53,9 bar	+0,57	+0,50	+0,43	kJ/g-M
	Wirkungsgrad Wärmeerzeugung:				
	8,83 bar	2,61	3,44	3,19	
20	29,4 bar	3,24	3,82	4,14	
	53,9 bar	2,70	3,08	3,58	
	Wirkungsgrad Kälteerzeugung:				
	8,83 bar	4,12	4,96	4,33	
	29,4 bar	2,96	3,18	3,25	
25	53,9 bar	2,39	2,48	2,72	
	Summe Wirkungsgrad:				
	8,83 bar	6,7	8,4	7,5	
	29,4 bar	6,2	7,0	7,4	
30	53,9 bar	5,1	5,5	6,3	
	Verhältnis Wärme : Kälte				
	8,83 bar	0,63	0,69	0,74	
	29,4 bar	1,10	1,20	1,27	
35	53,9 bar	1,13	1,35	1,32	

\*) Einstufig komprimiert

Ein Vergleich der angeführten Wirkungsgrade mit dem theoretisch maximal möglichen, dem Carnotschen Wirkungsgrad  $n_c$ , ist wegen der Vielfalt der einzelnen Prozesse und deren zum Teil komplizierten Verlaufes nicht einfach.

5 Einen Anhaltspunkt kann folgende summarische Überlegung geben:

1. Die Kälte wird in der Spitzenverbrauchszeit bei  $-15^{\circ}\text{C}$  und außerhalb der Spitzenverbrauchszeit zwischen  $-15$   
10 und  $+10^{\circ}\text{C}$ , im Mittel bei  $-2,5^{\circ}\text{C}$ , abgegeben;
2. Die Wärme wird in der Spitzenverbrauchszeit zwischen  $20$  und  $120^{\circ}\text{C}$ , im Mittel bei  $70^{\circ}\text{C}$  und außerhalb der Spitzenverbrauchszeit zwischen  $50$  und  $112^{\circ}\text{C}$ , im Mittel  
15 also bei  $81^{\circ}\text{C}$ , abgegeben.
3. Sowohl die Kälte als auch die Wärme werden bei den entsprechenden Temperaturen genutzt.

20 Mittelt man über alle Werte, so folgt als mittlere Temperaturdifferenz  $84,3$  K und als Abschätzung des Wirkungsgrades:

$$n_c \approx 264,4 / 84,3 + 348,8 / 84,3 = 7,3$$

25 Es zeigt sich, daß die Wirkungsgrade sehr nahe bei dem Schätzwert des theoretisch maximal möglichen liegen. Schließlich zeigt die Tabelle 8 noch das Verhältnis der genutzten Wärme zur genutzten Kälte. Diese Werte liegen zwischen  $2/3$  und  $4/3$ , je nach Fahrensweise.

30

Für den Bau der erfindungsgemäßen Anlage sind schließlich noch die benötigten Speichervolumina von Interesse. In Tabelle 8 sind diese Daten zusammen mit den Mengen, den Drucken über den Flüssigkeiten und dem Arbeitsdruck im Reak-  
35 tor für die Kühlung während der Spitzenverbrauchszeit für eine Kühlenergie von  $10^6$  Wh angegeben.

TABELLE 8

Speicherbedarf der Anlage für 1 MWh für die Kühlung  
während der Spitzenverbrauchszeit

5

Arbeitsdruck 1,86 bis 2,35 bar

Kühltemperatur -20 bis -1°C

Mischungsspeicher:

Volumen der Mischung 7,2 m<sup>3</sup>/MWh

10 Menge der Mischung 6,0 t/MWh

Speicherdruck bei 20°C 2,48 bar

Ammoniakspeicher:

Volumen des Ammoniaks 4,8 m<sup>3</sup>/MWh

15 Menge des Ammoniaks 2,9 t/MWh

Speicherdruck bei 20°C 8,6 bar

Wasserspeicher:

Volumen des Wassers 3,1 m<sup>3</sup>/MWh

20 Menge des Wassers 3,1 t/MWh

Speicherdruck bei 20°C < 1 bar

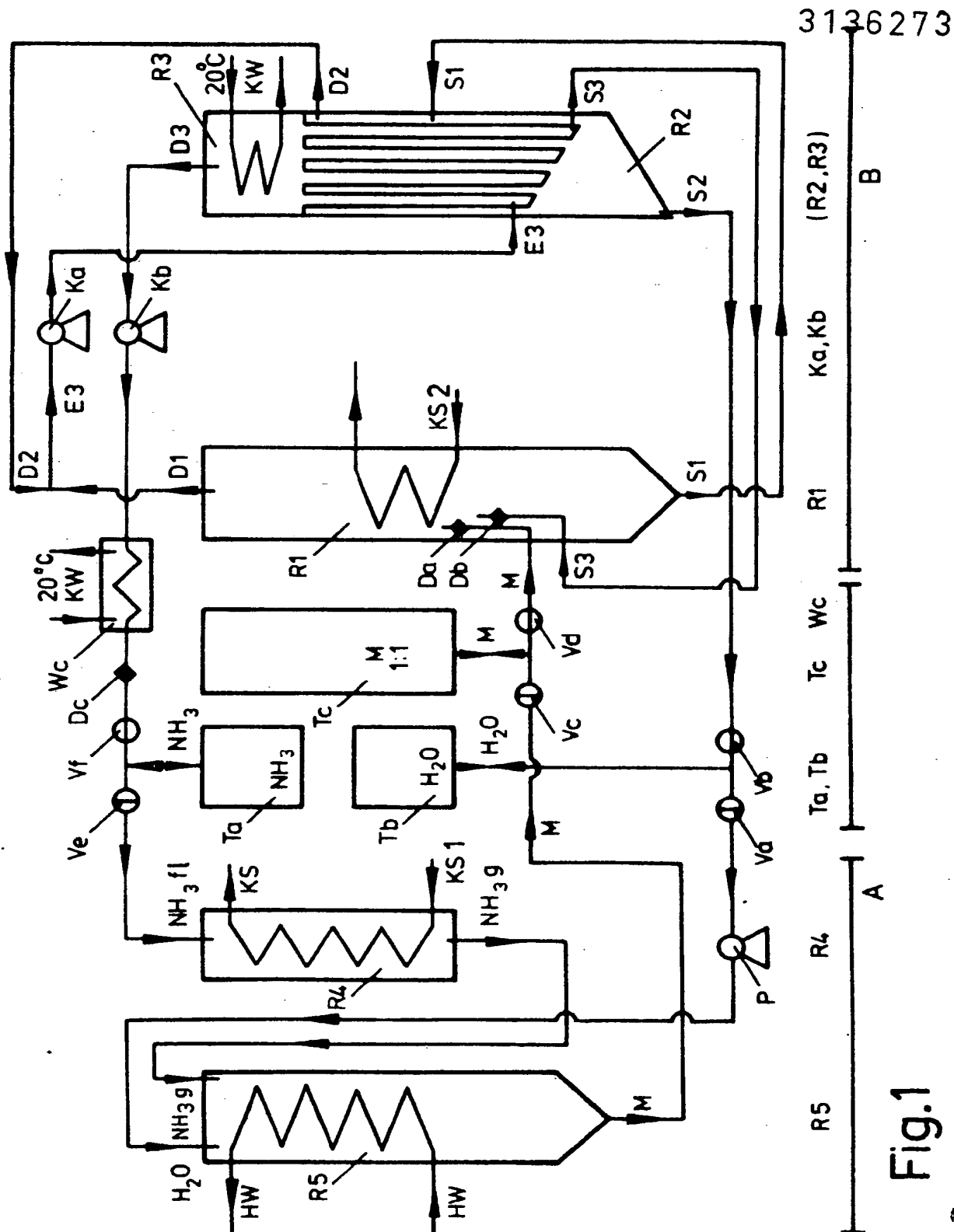
25

30

35

Nummer: 3136273  
 Int. Cl.<sup>3</sup>: F25B 29/00  
 Anmeldetag: 12. September 1981  
 Offenlegungstag: 24. März 1983

-43-



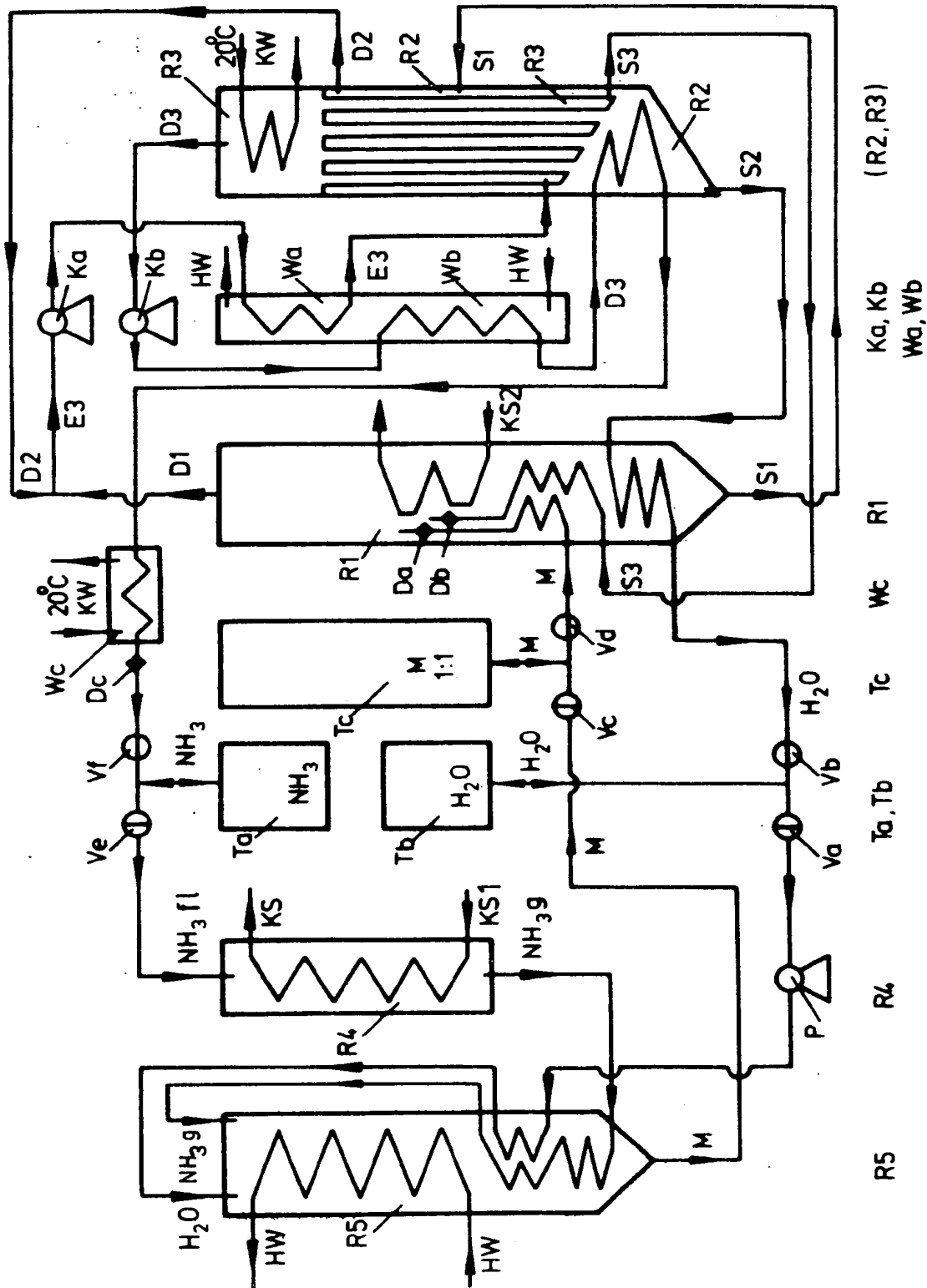


Fig. 2

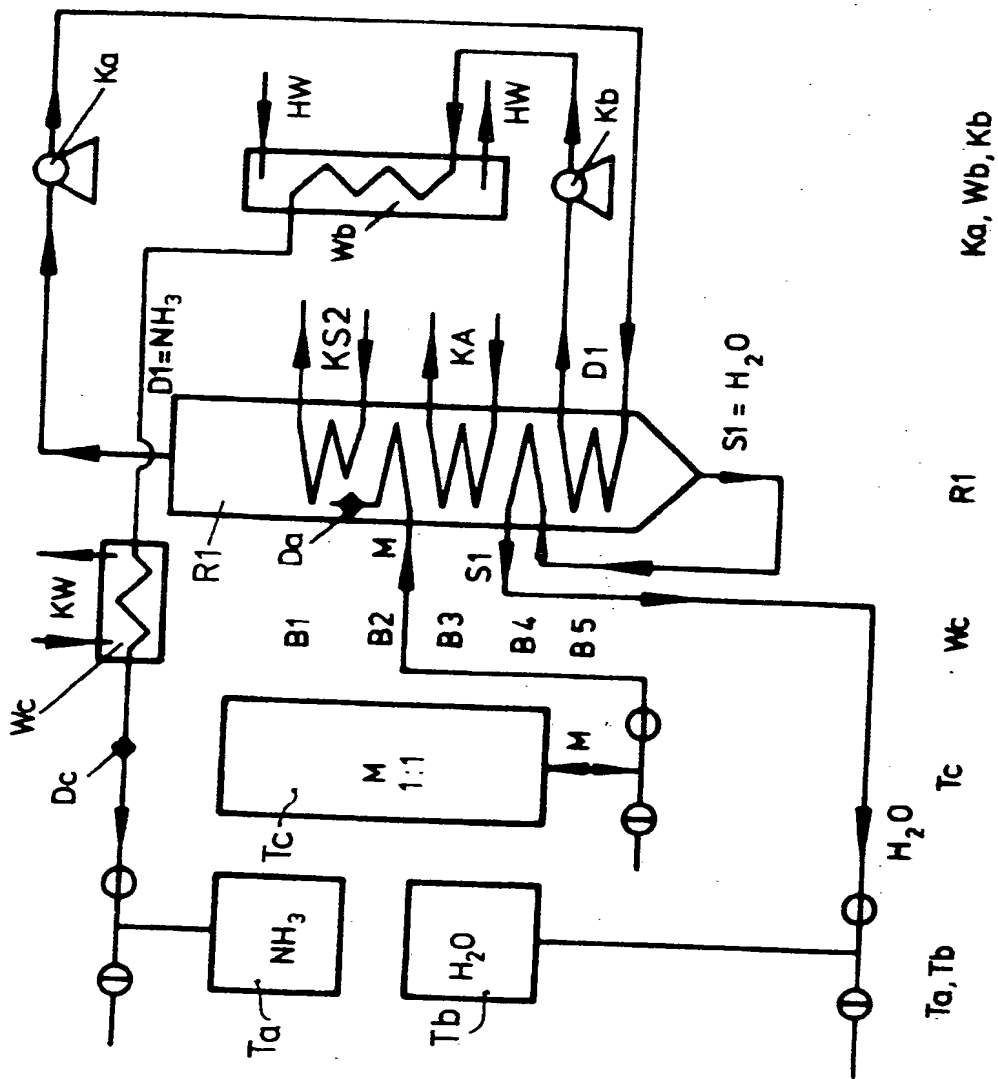


Fig.3